

USP032029 32
03404

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 5 月 2 8 日
Date of Application:

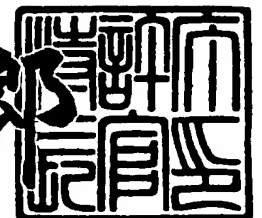
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 5 1 4 1 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 5 1 4 1 6]

出 願 人 東京エレクトロン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 3 8 0 0

【書類名】 特許願
【整理番号】 JP022387
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/302
H01L 21/3065

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 藤本 究

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 布瀬 暁志

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100099944

【弁理士】

【氏名又は名称】 高山 宏志

【電話番号】 045-477-3234

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 062617

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9606708

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、

前記処理容器内にH₂を導入する工程と、

前記H₂をプラズマ化して、前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】 エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、

前記処理容器内にN₂を導入する工程と、

前記N₂をプラズマ化して、前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 3】 エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、

前記処理容器内にHeを導入する工程と、

前記Heをプラズマ化して、前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 4】 エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う有機膜と、前記有機膜を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、

前記処理容器内にH₂を導入する工程と、

前記H₂をプラズマ化し、前記有機マスク層の開口パターンを通して前記有機膜をエッチングする工程と

を備えることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 5】 前記有機膜をエッチングする工程の後、前記エッチング対象層のエッチングを行う工程をさらに備えたことを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】 エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う有機膜と、前記有機膜を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Si を含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、

前記処理容器内にエッチングガスを導入する工程と、

前記エッチングガスをプラズマ化し、前記有機マスク層の開口パターンを通して前記有機膜をエッチングする工程と、

前記処理容器内に H_2 を導入する工程と、

前記 H_2 をプラズマ化して前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 7】 エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う有機膜と、前記有機膜を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Si を含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、

前記処理容器内にエッチングガスを導入する工程と、

前記エッチングガスをプラズマ化し、前記有機マスク層の開口パターンを通して前記有機膜をエッチングする工程と、

前記処理容器内に N_2 を導入する工程と、

前記 N_2 をプラズマ化して前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 8】 エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う有機膜と、前記有機膜を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Si を含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、

前記処理容器内にエッチングガスを導入する工程と、

前記エッチングガスをプラズマ化し、前記有機マスク層の開口パターンを通し

て前記有機膜をエッチングする工程と、

前記処理容器内にHeを導入する工程と、

前記Heをプラズマ化して前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項9】 前記エッチングガスは、CF₄を含むことを特徴とする請求項6から請求項8のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項10】 プラズマ処理工程の後、前記エッチング対象層のエッチングを行う工程をさらに備えたことを特徴とする請求項6から請求項9のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項11】 前記有機膜は、有機反射防止膜であることを特徴とする請求項4から請求項10のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項12】 前記有機マスク層は、有機フォトリソ層であることを特徴とする請求項1から請求項11のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項13】 前記有機フォトリソ層は、ArFフォトリソまたはF2フォトリソからなることを特徴とする請求項12に記載のプラズマ処理方法。

【請求項14】 前記Siを含む物質は単結晶シリコンからなることを特徴とする請求項1から請求項13のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項15】 前記Siを含む物質はSiCからなることを特徴とする請求項1から請求項13のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項16】 Siを含む物質の露出部を有する前記構成部材は、前記処理容器内に設けられた被処理体の対向電極であることを特徴とする請求項1から請求項15のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造工程でなされるプラズマ処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、被処理体中のエッチング対象部のマスクとして、KrFフォトレジスト、すなわち、KrFガスを発光源としたレーザー光で露光するフォトレジストが用いられていたが、近年の微細加工の要求に対応して、使用されるフォトレジストもKrFフォトレジストに代わって、ArFフォトレジストやF₂フォトレジスト、すなわち、ArFガスやF₂ガスを発光源とした、より短波長のレーザー光で露光するフォトレジストに移行されつつある。ArFフォトレジストやF₂フォトレジストは、一般に約0.13 μm以下のパターン開口を形成する際に使用される。

【0003】

また、エッチング対象部を直接フォトレジストマスク層で覆うと、その後のフォトレジストマスク層を露光・現像して開口パターンを形成する工程で、開口パターンの設計寸法精度が落ちてしまう。このため、エッチング対象部とフォトレジストマスク層の間に反射防止層を挿入している。したがって、反射防止層が被覆されたエッチング対象層をエッチングする場合には、まず反射防止層をエッチングしなければならない。

【0004】

しかしながら、上述のArFフォトレジスト等は耐プラズマ性が低いため、反射防止層やエッチング対象層のエッチング途中でフォトレジストの表面が荒れてしまうという問題がある。この表面荒れは、KrFフォトレジストではほとんど発生しなかった。このようにフォトレジストの表面が荒れてしまうことで、エッチングの進行とともに、パターンの開口部の形状が変化し、開口部の内壁面に縦筋（ストライエーション）が入るなどして、所望の開口形状のエッチングホールが形成できなくなってしまうという不都合が生じていた。また、ArFフォトレジストに対して選択比が低いため、エッチング途中で、フォトレジストがなくなる箇所ができ、本来エッチングしたくない箇所もエッチングされてしまうという不都合も生じていた。

【0005】

フォトレジストの耐プラズマ性を向上させる方法としては、フォトレジスト表面に紫外線、電子線やイオンビームを照射する方法（特許文献1～3）、フォト

レジストを加熱硬化する方法（特許文献4）やフォトリジスト表面に薄い硬化層をコーティングする方法（特許文献5）がある。

【0006】

【特許文献1】

特開昭60-110124号公報

【特許文献2】

特開平2-252233号公報

【特許文献3】

特開昭57-157523号公報

【特許文献4】

特開平4-23425号公報

【特許文献5】

特開平2-40914号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述の特許文献1～5の従来技術では、いずれも、本来のプラズマエッチング工程とは別の余分な工程を必要とするため、工程が煩雑になり、スループットの低下等の別の問題を生じてしまう。

【0008】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、その目的は、余分な工程を必要とすることなく、有機マスク層の耐プラズマ性を高く維持することができるプラズマ処理方法を提供することにある。

【0009】

また、本発明の他の目的は、余分な工程を必要とすることなく、有機マスク層を用いてエッチング対象層をエッチングする際のエッチングレートを高くしてスループットを向上させることができるプラズマ処理方法を提供することにある。

【0010】

また、本発明の他の目的は、余分な工程を必要とすることなく、エッチング対象層をエッチングする際の有機マスク層におけるストライエーションの発生を抑

止して、エッチング対象層の開口パターンの形成精度を向上させることができるプラズマ処理方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の第1の観点は、エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、前記処理容器内にH₂を導入する工程と、前記H₂をプラズマ化して、前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法を提供する。

【0012】

本発明の第2の観点は、エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、前記処理容器内にN₂を導入する工程と、前記N₂をプラズマ化して、前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法を提供する。

【0013】

本発明の第3の観点は、エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、前記処理容器内にHeを導入する工程と、前記Heをプラズマ化して、前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法を提供する。

【0014】

本発明の第4の観点は、エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う有機膜と、前記有機膜を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、前記処理容器内にH₂を導入する工程と、前記H₂をプラズマ化し、前記有機マスク層の開口パターンを通して前記有機膜をエッチングする工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法を提供する。

【0015】

本発明の第5観点は、エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う有機膜と、前記有機膜を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、前記処理容器内にエッチングガスを導入する工程と、前記エッチングガスをプラズマ化し、前記有機マスク層の開口パターンを通して前記有機膜をエッチングする工程と、前記処理容器内にH₂を導入する工程と、前記H₂をプラズマ化して前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法を提供する。

【0016】

本発明の第6観点は、エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う有機膜と、前記有機膜を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、前記処理容器内にエッチングガスを導入する工程と、前記エッチングガスをプラズマ化し、前記有機マスク層の開口パターンを通して前記有機膜をエッチングする工程と、前記処理容器内にN₂を導入する工程と、前記N₂をプラズマ化して前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法を提供する。

【0017】

本発明の第7観点は、エッチング対象層と、前記エッチング対象層を覆う有機膜と、前記有機膜を覆う開口パターンが形成された有機マスク層とを有する被処理体を、Siを含む物質の露出部を有する構成部材を備えた処理容器内に配置する工程と、前記処理容器内にエッチングガスを導入する工程と、前記エッチングガスをプラズマ化し、前記有機マスク層の開口パターンを通して前記有機膜をエッチングする工程と、前記処理容器内にHeを導入する工程と、前記Heをプラズマ化して前記有機マスク層をプラズマ処理する工程とを備えることを特徴とするプラズマ処理方法を提供する。

【0018】

上記した本発明の第1～第3の観点よれば、H₂またはN₂またはHeのプラズ

マに有機マスク層が暴露されることで、Siからなる上部電極等の構成部材から供給されるSiとプラズマが有機マスク層の表面に作用することにより、有機マスク層の表面に、たとえばSi-CやSi-O等を含む保護層が形成され、この有機マスク層をマスクとしてエッチング対象層をプラズマエッチングする際における有機マスク層の耐プラズマ性が向上し、表面荒れやストライエーションの発生防止およびエッチングの対マスク選択比向上を実現できる。

【0019】

また、本発明の第4の観点よれば、H₂のプラズマにて有機反射防止層等の有機膜のエッチングを行う過程で、Siからなる上部電極等の構成部材から供給されるSiとプラズマが有機マスク層の表面に作用することにより、当該有機マスク層の表面に、たとえばSi-CやSi-O等を含む保護層が形成され、有機反射防止層やその下側のエッチング対象層のエッチング時における有機マスク層の耐プラズマ性が向上し、表面荒れやストライエーションの発生防止およびエッチングの対マスク選択比向上を実現できる。

【0020】

また、上記した本発明の第5の観点よれば、有機反射防止層等の有機膜のエッチング後、エッチング対象層のエッチングに先立って、H₂のプラズマに有機マスク層が暴露されることで、Siからなる上部電極等の構成部材から供給されるSiとプラズマが有機マスク層の表面に作用することにより、有機マスク層の表面に、たとえばSi-CやSi-O等を含む保護層が形成され、エッチング対象層をエッチングガスのプラズマにてエッチングする際における有機マスク層の耐プラズマ性が向上し、表面荒れやストライエーションの発生防止およびエッチングの対マスク選択比向上を実現できる。

【0021】

また、上記した本発明の第6、第7の観点よれば、有機反射防止層等の有機膜のエッチング後、エッチング対象層のエッチングに先立って、N₂またはHe等の不活性ガスのプラズマに有機マスク層が暴露されることで、Siからなる上部電極等の構成部材から供給されるSiとプラズマが有機マスク層の表面に作用することにより、有機マスク層の表面に、たとえばSi-CやSi-O等を含む保

護層が形成され、エッチング対象層をエッチングガスのプラズマにてエッチングする際における有機マスク層の耐プラズマ性が向上し、表面荒れやストライエーションの発生防止およびエッチングの対マスク選択比向上を実現できる。

【0022】

すなわち、本発明によれば、熱処理や電子線照射等の煩雑な別の処理工程等を必要とすることなく、プラズマエッチングの過程で、真空紫外線でリソグラフィを行うEUVレジスト、電子線でリソグラフィを行うEBレジスト、KrFフォトリジスト、ArFフォトリジスト、F2フォトリジスト等の有機マスク層の表面に、たとえばSi-CやSi-O等を含む保護層が形成され、特に耐プラズマ性が低いArFフォトリジストやF2フォトリジストの有機マスク層では耐プラズマ性を向上させることが可能となり、エッチング対象層におけるプラズマエッチングにおいて、表面荒れやストライエーションの発生防止によるエッチングパターン精度の向上、さらには、エッチングの対マスク選択比向上によるエッチングレートの向上を実現でき、プラズマエッチングにおけるスループットが向上する。

構成部材としては、フォーカスリング、シールドリング、インナーチャンバ、対向電極等、処理室内に露出部を有する種々の構造物が考えられるが、中でも耐プラズマ性の向上処理が被処理体の被処理面内で均一に行える観点から対向電極がよい。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

図1は、本発明の一実施の形態であるプラズマ処理方法が実施されるプラズマエッチング装置1を示す断面図である。処理容器2は金属、例えば、表面が酸化処理されたアルミニウムにより形成されていて、保安接地されている。処理容器2内の底部には絶縁体3を介して、平行平板電極の下部電極として機能するサセプタ5が設けられている。このサセプタ5には、ハイパスフィルタ(HPF)6が接続されており、さらに、整合器51を介して第2の高周波電源50が接続されている。サセプタ5の上には静電チャック11が設けられ、その上には半導体

ウエハ等の被処理体Wが載置されている。

【0024】

被処理体Wは、一例として、Si等の下地層60上に形成されたSiO₂層等のエッチング対象層61（厚さ例：1500nm）と、このエッチング対象層61を覆う有機反射防止層63（厚さ例：60nm）と、この有機反射防止層63を覆う開口パターン（直径例：0.18μm）が形成されたArFフォトレジスト層65とを有する。

【0025】

ArFフォトレジスト層65としては、脂環族含有アクリル樹脂、シクロオレフィン樹脂、シクロオレフィン-無水マレイン酸樹脂、メタクリル酸樹脂等を使用することができる。

【0026】

また、有機反射防止層63としては、高分子材料等を適用することができる。さらに、エッチング対象層61は、上記SiO₂等のシリコン酸化物に限るものではなく、シリコン窒化物、シリコン炭化物等の他のシリコン化合物、単結晶シリコン、多結晶シリコン、有機材料、有機-無機ハイブリッド材料、金属、金属化合物等が適用可能である。

【0027】

静電チャック11は、絶縁体間に電極12が介在された構成をしており、電極12に接続された直流電源13から直流電圧を印加することにより、被処理体Wを静電吸着する。そして、被処理体Wを囲むようにアルミナ、シリコンやSiO₂等からなるフォーカスリング15が配置されていて、エッチングの均一性を向上させている。

【0028】

また、サセプタ5の上方には、サセプタ5と対向するようにシャワーヘッド状の上部電極板24が支持体25に支持されて設けられている。上部電極板24と支持体25でサセプタ5に対向する平行平板電極の上部電極21を構成している。上部電極21には、ローパスフィルター42が接続されており、さらに整合器41を介して第1の高周波電源40が接続されている。

【0029】

本実施の形態の場合、この上部電極板24は、少なくとも表面が単結晶シリコン、SiC等のSiを含む素材で構成されている。

【0030】

上部電極21の上面の中央にはガス導入口26が設けられ、このガス導入口26には、ガス供給管27が接続されており、このガス供給管27には、ガス導入口26側から順に、バルブ28、マスフローコントローラ29、処理ガス供給源30が接続されている。この処理ガス供給源30からは、例えばC₅F₈、O₂、Ar等のエッチングガスが、各々単独に、あるいは混合ガスとして供給される。

【0031】

一方、処理容器2の底部には排気管31が接続されており、この排気管31には排気装置35が接続されている。また、処理容器2の側壁にはゲートバルブ32があり、被処理体Wが、隣接するロードロック室（図示せず）との間で搬送されるようになっている。

【0032】

次に、図2および図4を参照して、本実施の形態の作用の一例について説明する。

【0033】

本実施の形態では、図2のような、エッチング対象層61と、これを覆う有機反射防止層63と、この有機反射防止層63を覆う開口パターンが形成されたArFフォトリソ層65を有する被処理体Wについて、上記プラズマエッチング装置1を用いて、ArFフォトリソ層65の開口パターンを通して、最初に有機反射防止層63をプラズマエッチングし、次いでエッチング対象層61をプラズマエッチングして開口パターン61aを形成する工程について説明する。

【0034】

まず、ゲートバルブ32を開放して、被処理体Wを処理容器2内に搬入し（ステップ101）、静電チャック11上に配置する。次いで、ゲートバルブ32を閉じ、排気装置35によって処理容器2内を減圧した後、バルブ28を開放し、

処理ガス供給源 30 から H_2 ガスを供給し（ステップ 102）、処理容器 2 内の圧力を所定の値とする。

【0035】

この状態で第 1 の高周波電源 40、第 2 の高周波電源 50 から高周波電力を供給して H_2 ガスをプラズマ化し、ArF フォトリソ層 65 の開口パターンを通して有機反射防止層 63 をエッチングする（ステップ 103）（図 2（a））。一方、第 1 の高周波電源 40、第 2 の高周波電源 50 から高周波電力を供給するタイミングの前後に、静電チャック 11 内の電極 12 に直流電圧を印加して、被処理体 W を静電チャック 11 上に静電吸着させる。所定の時間だけエッチングしたら高周波電力やエッチングガスの供給を停止して有機反射防止層 63 のエッチングを終了する（図 2（b））。プラズマ中の特定の物質の発光強度を終点検出器（図示せず）によって検出し、これに基づいてエッチング工程を終了してもよい。

【0036】

本実施の形態の場合、 H_2 のプラズマによる有機反射防止層 63 のエッチング過程において、Si からなる上部電極 21 等の構成部材から供給される Si と H_2 プラズマが ArF フォトリソ層 65 の表面に作用することにより、ArF フォトリソ層 65 の表面には、Si-O や Si-C 等を含む薄い保護層 65b が形成される。

【0037】

すなわち、 H_2 のプラズマによる有機反射防止層 63 のエッチングの過程で、ArF フォトリソ層 65 の表面の C または H との反応が起こり、その結果として、反応性の高い C や O が ArF フォトリソ層 65 の表面に多数存在する状態となり、これらの高反応性の C や O が上部電極 21 から供給された Si と反応し、Si-C あるいは Si-O 等の物質を含む薄い保護層 65b を形成すると考えられる。

【0038】

このように、ArF フォトリソ層 65 の開口パターンを通して有機反射防止層 63 をプラズマエッチングする際に、ArF フォトリソ層 65 の表面に

薄い保護層 65b が形成され、別の余分な工程を必要とすることなく、ArF フォトリソレジスト層 65 の耐プラズマ性を向上させることができる。したがって、有機反射防止層 63 をエッチングする際に表面荒れやストライエーションが入ることなく、ArF フォトリソレジスト層 65 の耐プラズマ性を高く維持することができる。

【0039】

次いで、同一処理容器内または別の処理容器内で、エッチングガスとして例えば C₅F₈ と O₂ と Ar 等を使用して（ステップ 104）、有機反射防止層 63 のエッチングと同様な手順で ArF フォトリソレジスト層 65 の開口パターン 65a を通してエッチング対象層 61 をプラズマエッチングして（ステップ 105）、たとえば高アスペクト比の開口パターン 61a を形成する（図 2（c））。そして、エッチング対象層 61 のエッチング完了後、被処理体 W を、ゲートバルブ 32 を通じて処理容器 2 の外部に取り出す（ステップ 106）。

【0040】

このエッチング対象層 61 のエッチングに際して、本実施の形態の場合には、ArF フォトリソレジスト層 65 の表面には保護層 65b が形成されていることによって高い耐プラズマ性の状態にあるので、エッチング対象層 61 のプラズマエッチングにおいても ArF フォトリソレジスト層 65 の耐プラズマ性や、エッチング対象層 61 の ArF フォトリソレジスト層 65 に対する選択比が高く維持され、ArF フォトリソレジスト層 65 の表面荒れや縦筋入りを生じさせず、高いエッチングレート条件にてプラズマエッチングすることができる。この結果、別の余分な工程を必要としないことと相まって、プラズマエッチング工程でのスループットが向上する。また、ArF フォトリソレジスト層 65 の開口パターン 65a における縦筋入りが発生しないので、ArF フォトリソレジスト層 65 をマスクとしてエッチング対象層 61 に形成される開口パターン 61a の精度も向上する。

H₂ の代わりに He、N₂ を使うと、有機反射防止層 63 はほとんどエッチングされない。しかし、ArF フォトリソレジスト層 65 の耐プラズマ性の向上は可能である。また、有機反射防止層 63 はなくてもよい。このときは、H₂、He、N₂ のプラズマ処理によって、ArF フォトリソレジスト層 65 の耐プラズマ性の向

上を行う。

【0041】

次に、図3および図5を参照して、本実施の形態の変形例について説明する。

この変形例では、有機反射防止層63を CF_4 ガスのプラズマでエッチングした後、エッチング対象層61のエッチングに先立って、 H_2 ガスによるプラズマ処理にて ArF フォトリソ層65の表面に保護層65bを形成する例を示す。

【0042】

すなわち、まず、ゲートバルブ32を開放して、被処理体Wを処理容器2内に搬入し（ステップ201）、静電チャック11上に配置する。次いで、ゲートバルブ32を閉じ、排気装置35によって処理容器2内を減圧した後、バルブ28を開放し、処理ガス供給源30から CF_4 ガスを供給し（ステップ202）、処理容器2内の圧力を所定の値とする。

【0043】

この状態で第1の高周波電源40、第2の高周波電源50から高周波電力を供給して CF_4 ガスをプラズマ化し、 ArF フォトリソ層65の開口パターンを通して有機反射防止層63をエッチングする（ステップ203）（図3（a））。

【0044】

一方、第1の高周波電源40、第2の高周波電源50から高周波電力を供給するタイミングの前後に、静電チャック11内の電極12に直流電圧を印加して、被処理体Wを静電チャック11上に静電吸着させる。所定の時間だけエッチングしたら高周波電力やエッチングガスの供給を停止して有機反射防止層63のエッチングを終了する。プラズマ中の特定の物質の発光強度を終点検出器（図示せず）によって検出し、これに基づいてエッチング工程を終了してもよい。

【0045】

次に、処理容器2に供給するガスを H_2 ガスに切り換えて（ステップ204）、当該 H_2 ガスをプラズマ化し、 H_2 プラズマと上部電極21等の構成部材から供給される Si とを ArF フォトリソ層65の表面に所定時間だけ作用させ

て、ArFフォトリソ層65の表面に、Si-OやSi-C等を含む薄い保護層65bを形成する(ステップ205)(図3(b))。

【0046】

すなわち、この変形例の場合、ArFフォトリソ層65のプラズマ処理の過程で、ArFフォトリソ層65の表面のCまたはHと反応が起こり、その結果として、反応性が高いCやOがArFフォトリソ層65の表面に多数存在する状態となり、高反応性のCやOが上部電極21から供給されるSiと反応し、Si-OやSi-Cとなって薄い保護層65bが形成されと考えられる。このSi-OやSi-C等を含む薄い保護層65bにより、ArFフォトリソ層65の耐プラズマ性が向上する。

【0047】

次いで、同一処理容器内または別の処理容器内で、エッチングガスとして例えばC₅F₈とArとO₂等を使用して(ステップ206)、有機反射防止層63のエッチングと同様な手順でArFフォトリソ層65の開口パターン65aを通してエッチング対象層61をプラズマエッチングして(ステップ207)、たとえば高アスペクト比の開口パターン61aを形成する(図3(c))。そして、エッチング対象層61のエッチング完了後、被処理体Wを、ゲートバルブ32を通じて処理容器2の外部に取り出す(ステップ208)。

【0048】

このエッチング対象層61の開口パターン61aのエッチングに際して、本変形例の場合には、上述のように、ArFフォトリソ層65の表面は保護層65bが形成されることによって高い耐プラズマ性を持った状態にあるので、ArFフォトリソ層65の耐プラズマ性やエッチングの対マスク選択比が高く維持され、しかもArFフォトリソ層65の表面荒れや縦筋入りを生じさせず、高いエッチングレートの条件にてプラズマエッチングによる開口パターン61aの形成を行うことができる。この結果、別に余分な工程を必要としないことと相まって、プラズマエッチング工程でのスループットが向上する。

【0049】

上述のステップ205における保護層65bの形成処理では、H₂の代わりに

、N₂ またはHe等の不活性ガスのプラズマを用いてもよい。

【0050】

【実施例】

以下、本発明の実施例について比較例と比較しつつ説明する。

各実施例および比較例での第1の高周波電源40、第2の高周波電源50の周波数はそれぞれ60MHz、13.56MHzとした。

【0051】

(1) [ArFフォトリソ層65のプラズマ処理]

ここでは、エッチング対象層61を覆う開口パターンが形成されたArFフォトリソ層65に対して、H₂、N₂、Heの各々をプラズマ化してプラズマ処理する実施例1～3と、Arをプラズマ化してプラズマ処理する比較例1を行った。プラズマ処理は1分間行った。

【0052】

(実施例1)

処理容器内圧力: 2.01Pa (15mTorr)

第1の高周波電源からの高周波電力: 2200W

第2の高周波電源からの高周波電力: 100W

処理ガスおよびその流量: H₂を0.1L/min (100sccm)

【0053】

(実施例2)

処理容器内圧力: 2.01Pa (15mTorr)

第1の高周波電源からの高周波電力: 2200W

第2の高周波電源からの高周波電力: 100W

処理ガスおよびその流量: N₂を0.1L/min (100sccm)

【0054】

(実施例3)

処理容器内圧力: 2.01Pa (15mTorr)

第1の高周波電源からの高周波電力: 2200W

第2の高周波電源からの高周波電力: 100W

処理ガスおよびその流量: He を 0.1 L/min (100 sccm)

【0055】

(比較例1)

処理容器内圧力: 2.01 Pa (15 Torr)

第1の高周波電源からの高周波電力: 2200 W

第2の高周波電源からの高周波電力: 100 W

処理ガスおよびその流量: Ar を 0.1 L/min (100 sccm)

【0056】

図6の(a) アクリル系および(b) メタクリル系の各々のArFフォトレジスト層65における、ArFフォトレジスト層65のプラズマ処理直後の表面分析結果(H_2 、 N_2 、He、Arでそれぞれ示される線図)に示されるように、実施例1~3では、アクリル系およびメタクリル系のいずれのArFフォトレジスト層65においても、 H_2 、 N_2 、Heの各々のプラズマによるプラズマ処理によって、ArFフォトレジスト層65の表面にSi-OやSi-C等に相当する結合エネルギーを持つ物質を含む保護層65bが存在することが観測された。

【0057】

これに対して、比較例1のArによるプラズマ処理の場合には、(a) アクリル系および(b) メタクリル系のいずれのArFフォトレジスト層65においても、上部電極21から供給されるSiの付着が観測されるのみであった。

ArFフォトレジスト層65の表面にSiが付着すれば耐プラズマ性は向上するが、アッシング後にエッチング対象層61のホール付近にSiが付着することがある。この点から、プラズマ処理には、 H_2 、 N_2 、Heを使用するのがよい。

【0058】

(2) [有機反射防止層63のエッチング後のArFフォトレジスト層65のプラズマ処理]

エッチング対象層61と、エッチング対象層61を覆う有機反射防止層63と、有機反射防止層63を覆う開口パターンが形成されたArFフォトレジスト層65とを有する被処理体Wについて、以下の条件で有機反射防止層63をエッチ

ングし、その後、実施例 1～3、比較例 1 と同じ条件で ArF フォトリソレジスト層 65 をプラズマ処理した (図 3 の (a) (b)、図 5 の 201～205)。

【0059】

処理容器内圧力: 6.7 Pa (50 Torr)

第 1 の高周波電源からの高周波電力: 1000 W

第 2 の高周波電源からの高周波電力: 100 W

エッチングガスおよびその流量: CF_4 を 0.1 L/min (100 sccm)

【0060】

次いで、エッチング対象層 61 を以下の条件でエッチングした (図 3 の (c)、図 5 の 206～)。

処理容器内圧力: 2.01 Pa (15 Torr)

第 1 の高周波電源からの高周波電力: 2170 W

第 2 の高周波電源からの高周波電力: 1550 W

エッチングガスおよびその流量:

$\text{C-C}_5\text{F}_8$ を 0.015 L/min (15 sccm)

Ar を 0.380 L/min (380 sccm)

O_2 を 0.019 L/min (19 sccm)

【0061】

以上のようにエッチング対象層 61 のエッチングを行った後、電子顕微鏡写真で各被処理体 W のエッチング箇所の断面形状を観察した。その結果、 H_2 、 N_2 、He、Ar で ArF フォトリソレジスト層 65 をプラズマ処理した被処理体 W ではいずれも ArF フォトリソレジスト層 65 の表面荒れや縦筋入りはほとんど見られなかった。これに対して上記工程中の ArF フォトリソレジスト層 65 のプラズマ処理を行わなかった被処理体 W では ArF フォトリソレジスト層 65 の表面荒れや縦筋入りが見られた。

また、有機反射防止層 63 のエッチング後でエッチング対象層 61 のエッチング前に ArF フォトリソレジスト層 65 のプラズマ処理を行う場合は、有機反射防止層 63 とエッチング対象層 61 のエッチング前に ArF フォトリソレジスト層 65 のプラズマ処理を行う場合に比べて、エッチング対象層 61 のエッチング後の Ar

F フォトリジスト層 65 の表面荒れや縦筋入りは少なかった。したがって、有機反射防止層 63 のエッチングでエッチング速度が大きくしかも ArF フォトリジスト層 65 へのダメージが比較的少ない CF₄ プラズマを使用し、その後、ArF フォトリジスト層 65 のプラズマ処理を行い、次いで、エッチング対象層 61 のエッチングを行うようにすれば、スループット及びエッチング精度の向上が可能となる。

【0062】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明のプラズマ処理方法によれば、余分な工程を必要とすることなく、有機マスク層の耐プラズマ性を高く維持することが可能となる。

【0063】

また、余分な工程を必要とすることなく、有機マスク層を用いてエッチング対象層をエッチングする際のエッチングレートを高くしてスループットを向上させることが可能となる。

【0064】

また、余分な工程を必要とすることなく、エッチング対象層をエッチングする際の有機マスク層におけるストライエーションの発生を抑止して、エッチング対象層の開口パターンの形成精度を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態であるプラズマ処理方法が実施されるプラズマエッチング装置を示す断面図である。

【図 2】

本発明の一実施の形態であるプラズマ処理方法が適用される被処理体の変化を工程順に例示した断面図。

【図 3】

本発明の一実施の形態であるプラズマ処理方法の変形例が適用される被処理体の変化を工程順に例示した断面図。

【図 4】

本発明の一実施の形態であるプラズマ処理方法の作用の一例を示すフローチャート。

【図 5】

本発明の一実施の形態であるプラズマ処理方法の変形例の作用の一例を示すフローチャート。

【図 6】

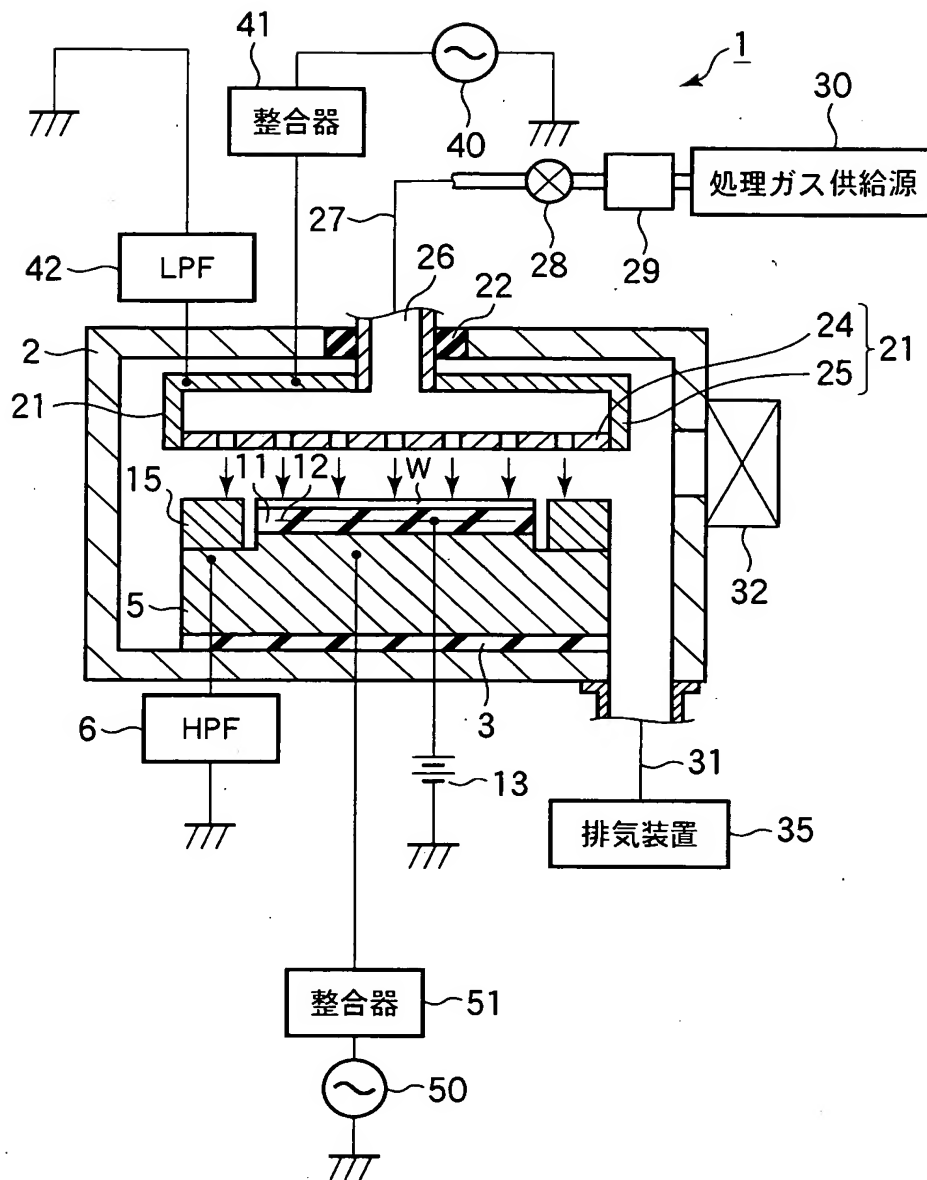
本発明の一実施の形態であるプラズマ処理方法の作用の一例を示す線図。

【符号の説明】

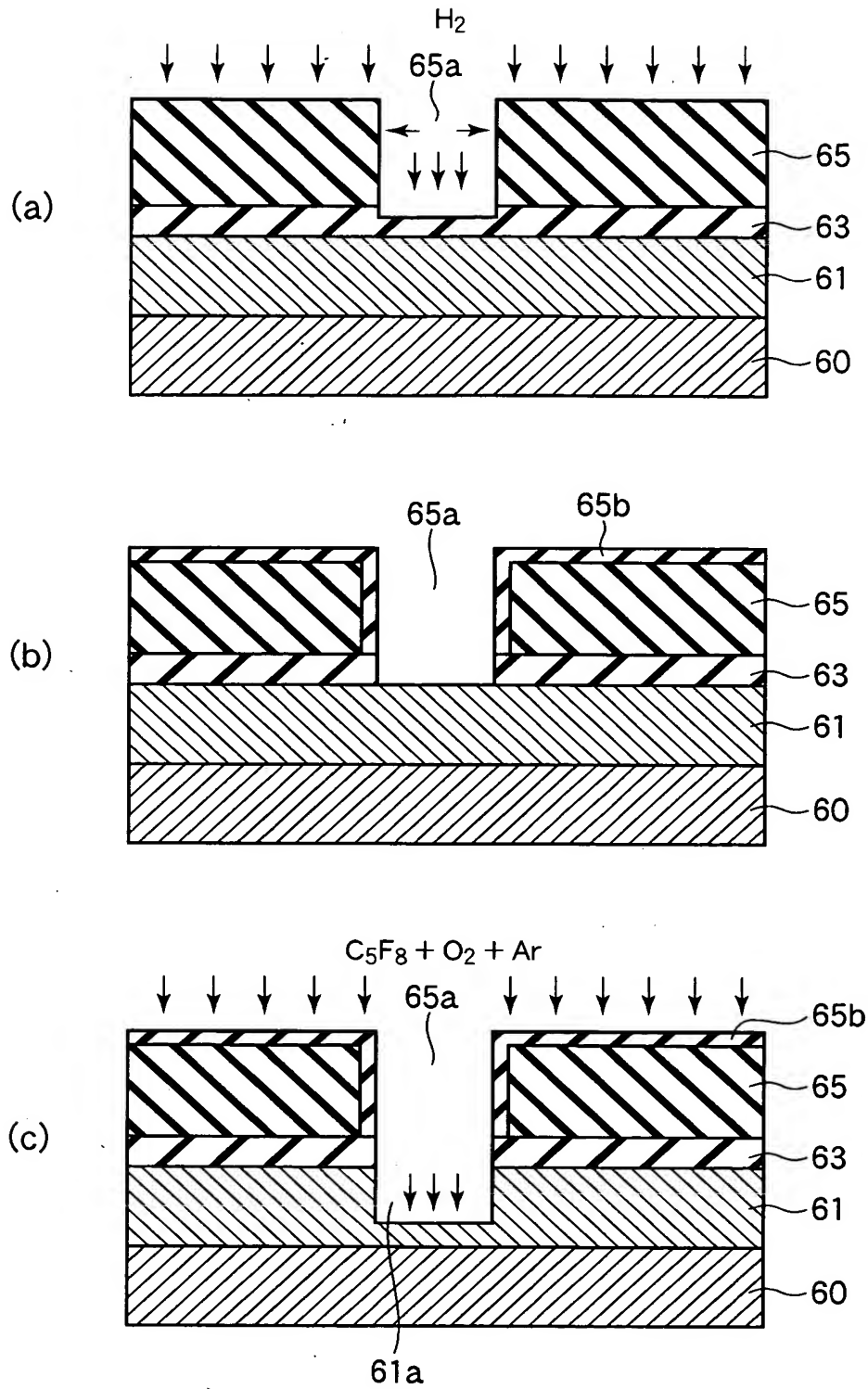
- 1：プラズマエッチング装置
- 5：サセプタ
- 21：上部電極（構成部材）
- 30：処理ガス供給源
- 40, 50：高周波電源
- 60：下地層
- 61：エッチング対象層
- 61a：開口パターン
- 63：有機反射防止層（有機膜）
- 65：ArFフォトリソレジスト層（有機マスク層）
- 65a：開口パターン
- 65b：保護層
- W：被処理体

【書類名】 図面

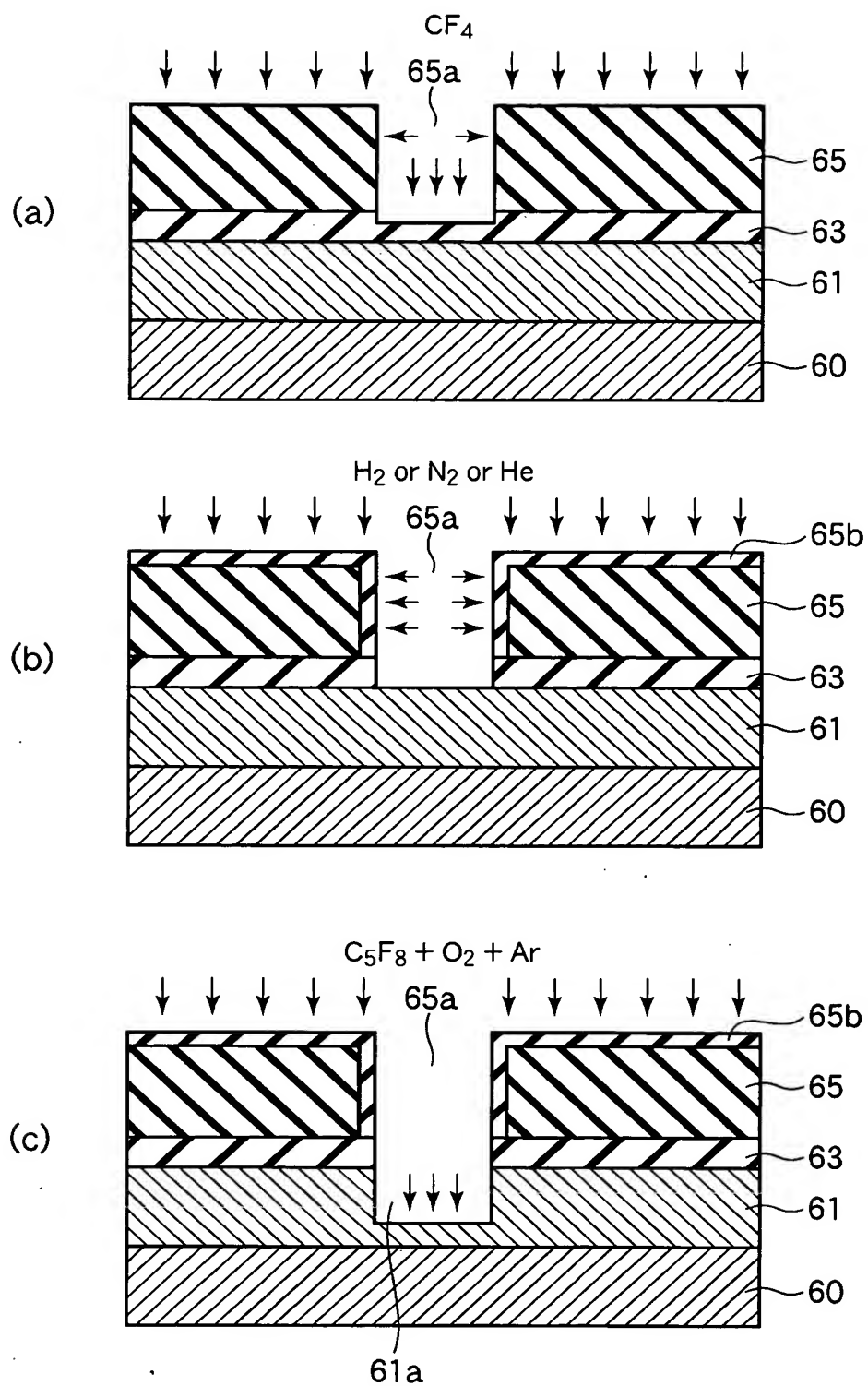
【図 1】



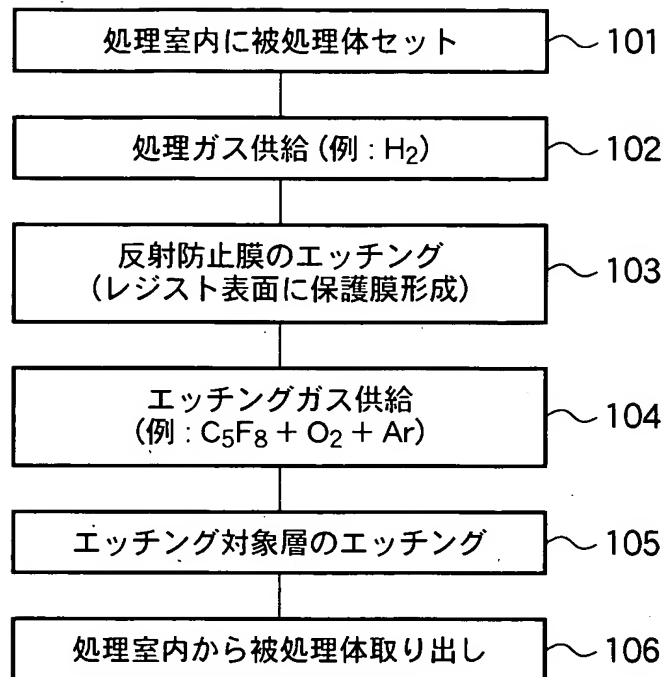
【図 2】



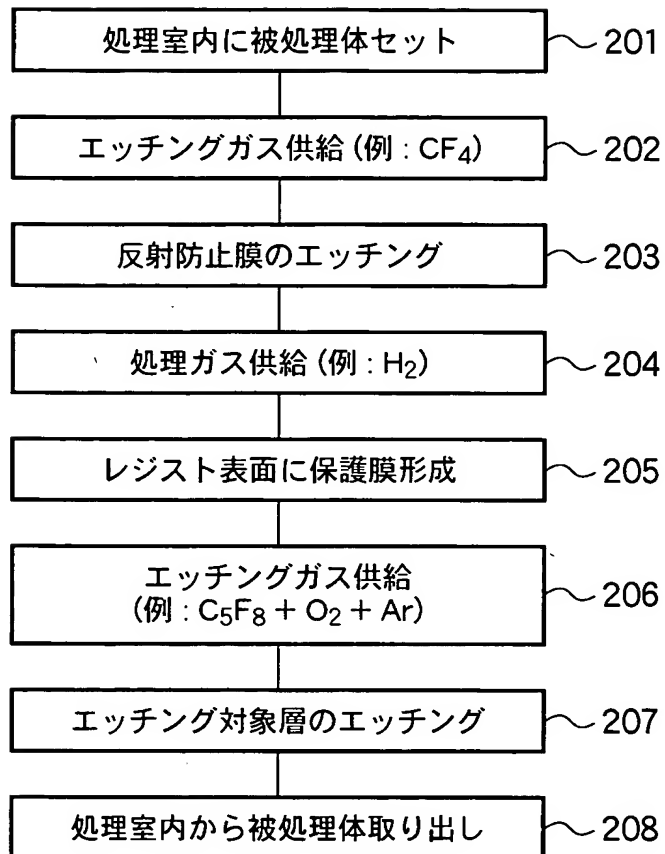
【図 3】



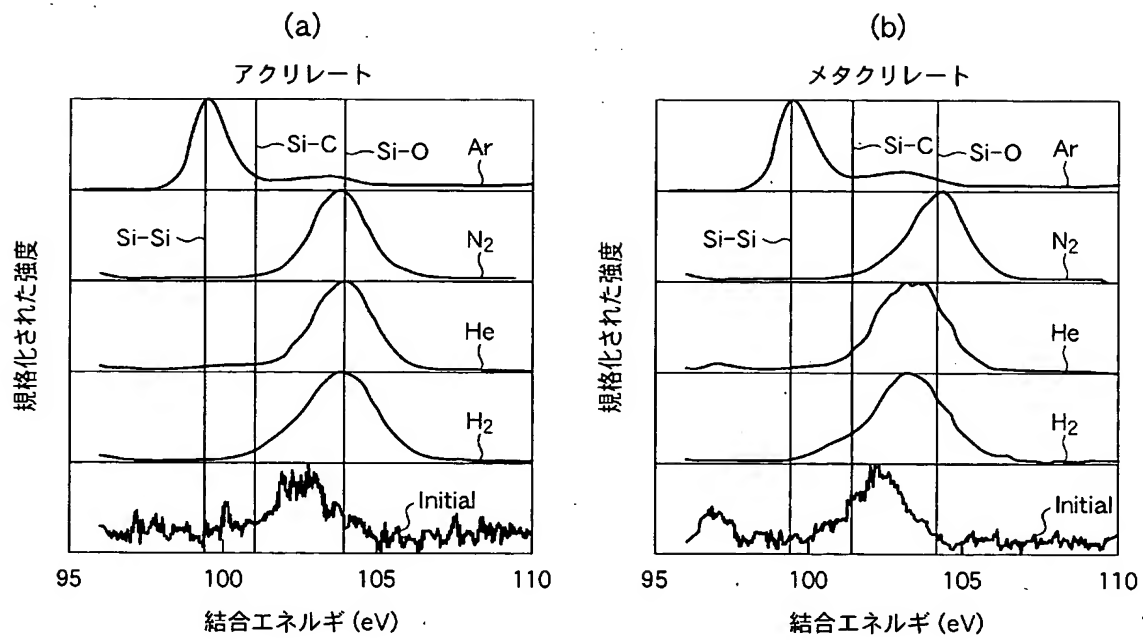
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 反射防止層をエッチングする際、または反射防止層およびエッチング対象層をエッチングする際に、A r F フォトリジスト層の耐プラズマ性を高く維持することができるプラズマ処理方法を提供すること。

【解決手段】 エッチング対象層 6 1 と、このエッチング対象層 6 1 を覆う有機反射防止層 6 3 と、有機反射防止層 6 3 を覆う開口パターン 6 5 a が形成された A r F フォトリジスト層 6 5 とを有する被処理体 W を処理容器内に配置する工程と、この処理容器内にエッチングガスとして H₂ を導入する工程と、このエッチングガスをプラズマ化し、A r F フォトリジスト層 6 5 の開口パターン 6 5 a を通して有機反射防止層 6 3 をエッチングしつつ、A r F フォトリジスト層 6 5 の表面に S i - C や S i - O 等を含む耐プラズマ性の高い保護層 6 5 b を形成する工程とを備える。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 1 5 1 4 1 6
受付番号	5 0 3 0 0 8 8 8 2 7 6
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 5 年 5 月 2 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 5月28日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 1 5 1 4 1 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 2 1 9 9 6 7]

1. 変更年月日 1 9 9 4 年 9 月 5 日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区赤坂 5 丁目 3 番 6 号
氏 名 東京エレクトロン株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 4 月 2 日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号
氏 名 東京エレクトロン株式会社